4도 화상에서 다양한 유리피판술을 이용한 1차 재건 방법의 유용성 고찰

이주호 · 신세호 · 김현조 · 이성주 · 김성환 · 서인석 · 김재현

한림대학교 의과대학 강남성심병원 성형외과학교실

Analysis on Usefulness of Various Free Flaps for Primary Reconstruction on Fourth Degree Burn

Ju Ho Lee, M.D., Se Ho Shin, M.D., Hyeon Jo Kim, M.D., Seong Joo Lee, M.D., Seong Hwan Kim, M.D., Ph.D., In Suck Suh, M.D., Ph.D. and Jae Hyun Kim, M.D.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Kangnam Sacred Heart Hospital, College of Medicine, Hallym University, Seoul, Korea

Purpose: A fourth degree burn is a full-thickness burn of the skin usually accompanied by damage to deep structures and commonly results in extensive damage to surrounding tissues which makes the treatment of the wound difficult. Coverage of these wound using free flap is known to effective but not commonly used. The purpose of our study is to review our experience and suggest early application of free flap surgery.

Methods: A retrospective review was performed from 2010 to 2019, on a total of 34 fourth degree burn patients undergone free flap surgery as primary treatment in our hospital. We reviewed the location of the injury, etiology, TBSA (%), Presence of osteomyelitis, flap choice, complications, period of injury to surgery and healing.

Results: Using free flap as a primary reconstruction, the outcome is satisfactory. The treatment period was shortened, and there was less loss of function due to complications. Also the incidence of osteomyelitis and amputation was significantly low.

Conclusion: Applying free flap surgery as soon as possible in fourth degree burns is effective, such as reducing complications such as infection, reducing amputation, shortening treatment period, and preventing severe sequelae. (*J Korean Burn Soc* 2020;23:54-59)

Key Words: Free tissue flaps, Burns, Reconstructive surgery

서 론

4도 화상이란 근육, 뼈, 혈관, 신경과 같이 깊은 구조물의 손상을 동반한 피부 전층 화상으로 접촉 화상, 전기 화상, 화학 화상이 주된 원인이 되고, 주로 깊고, 광범위한 주변 손상을 동반한다[1]. 일반적인 화상의 고식적인 치료 원칙은 가능한 이른 시기에 가피절제술 혹은 변연절제술을 시행하고, 병변의 염증 및 감염 상태가 호전된 후 부분층 피부 이식술로 수복하는 것이다[2].

그러나 4도 화상에서는 노출된 구조물의 감염 및 괴사

가능성이 높고 주변 조직의 구축 등 합병증 발생 가능성이 높아 고식적인 치료로는 완전한 치유를 기대하기 어렵고 충분한 혈류를 가지고 있는 유리피판술을 이용한 재건이 효과적이다.

깊은 화상에서의 1차 치료방법으로써 유리피판술은 좋은 치료법 중 하나임에도 실제로는 많이 시행되고 있지 않다[2,3]. 본 교실에서는 4도 화상에 대하여 1차적인 치료로 다양한 유리피판술을 시행하였고, 전반적으로 만족스러운 결과를 얻었기에 저자들의 경험을 소개하고 그 유용성에 대해 고찰하고자 한다.

대상 및 방법

2010년부터 2019년까지 한림대학교 강남성심병원 및 한강성심병원 성형외과에 내원한 4도 화상 환자 중 1차 치료로 비교적 이른 시간에 유리피판술을 시행한 환자들을 대

접수일: 2020. 10. 24, 수정일: 2020. 11. 2, 승인일: 2020. 11. 3

책임저자: 김재현, 서울시 영등포구 신길로 1

☎ 07441, 한림대학교 의과대학 강남성심병원
성형외과학교실

Tel: 02-829-5182, Fax: 02-847-5183

E-mail: jaykay810219@hallym.or.kr

상으로 하였다.

전자의무기록 열람을 바탕으로 한 후향적 연구이며, 총 34명의 환자가 대상군에 포함되었다. 나이, 성별, 수상 기전, 수상 부위, 수술 당시 골수염을 비롯한 심부 조직의 감염 여부, 수복에 사용한 피판의 종류, 수상 후 유리피판술을 받기까지의 기간, 완전히 치유되어 더 이상 드레싱 처치 및

입원치료가 필요 없을 때까지의 기간, 합병증 항목에 대해 분석하고 분류하였다.

모든 환자에게 수술 전 혈관 조영 전산화 단층 촬영 혹은 혈관조영술을 시행하여 피판의 공여부 및 수혜부의 정상적인 혈관 상태를 확인하였다. 골수염을 비롯한 심부조직의 감염을 평가하기 위해 자기공명영상, 컴퓨터 단층 촬영, 혹은

Table 1. Patient Demographics Undergoing Microvascular Surgery

No	Sex	Age (yr)	Location of injury	Etiology	TBSA (%)	Presence of osteomyelitis	Flap choice	Complication	Period from injury to surgery (week)	Period for healing (month)
1	F	31	Foot	Frost bites	4	+	ALT	Infection	4	3
2	F	29	Foot	Contact	3	+	ALT	-	2	1
3	F	27	Hand	Contact	3	-	ALT	-	3	2
4	F	18	Hand	Friction	1	-	ALT	-	3	1
5	M	67	Hand	Electrical	14	-	ALT, RF	Flap necrosis, infection	12	2
6	F	48	Hand	Contact	1	-	ALT	-	2	1
7	F	41	Hand	Contact	1	-	ALT	-	4	2
8	M	20	Hand	Contact	1	+	ALT	Amputation	4	3
9	M	61	Foot	Contact	8	+	ALT	-	3	2
10	M	64	Lower leg	Electrical	5	+	ALT, LDMC	Flap necrosis, hematoma, infection	12	1
11	M	66	Forearm	Contact	1	-	ALT	-	4	3
12	M	55	Hand	Contact	1	+	ALT	Amputation	2	2
13	M	61	Hand	Contact	1	-	ALT	-	1	1
14	M	59	Lower leg	Electrical	2	+	ALT, LDMC	Flap necrosis, infection	2	1
15	M	51	Foot	Contact	6	+	ALT	Amputation	8	1
16	F	46	Hand	Contact	1	-	ALT	-	2	1
17	F	46	Hand	Contact	1	-	MSAP	-	5	1
18	M	53	Hand	Contact	1	-	MSAP	Hematoma	2	1
19	M	54	Hand	Friction	1	+	MP	-	1	2
20	M	34	Ankle	Electrical	5	+	ALT	-	7	2
21	M	50	Hand	Contact	1	-	MSAP	-	1	2
22	M	38	Foot	Contact	3	+	ALT	Amputation	3	1
23	M	65	Foot	Chemical	1	-	PAP	-	4	1
24	F	41	Hand	Electrical	1	+	Hypothenar	-	3	1
25	M	53	Ankle	Contact	1	-	MSAP	-	4	2
26	M	36	Hand	Electrical	1	-	PAP	-	8	1
27	M	49	Arm	Electrical	6	-	SCIP	Infection	1	1
28	M	60	Foot	Scalding	1	+	ALT	-	16	3
29	F	31	Hand	Electrical	1	-	ALT	-	1	1
30	M	51	Buttock	Contact	10	+	LDMC	-	7	3
31	M	53	Scalp	Electrical	18	+	LDMC	-	2	3
32	M	57	Chest wall	Electrical	20	+	ALT	-	2	3
33	F	22	Foot	Scalding	2	+	TDAP	-	1	1
34	F	52	Lower leg	Contact	5	+	LDMC	Infection	40	1

ALT = Anterolateral thigh, LDMC = Latissimus dorsi musculocutaneous, MSAP = medial sural artery perforator, PAP = Peroneal artery perforator, RF = Radial forearm, MP = Medialis pedis, SCIP = Superficial circumflex iliac artery perforator, TDAP = Thoracodorsal artery perforator.

Fig. 1. Intraoperative clinical photograph. The wound was covered by latissimus dorsi musculocutaneous free flap after craniectomy and pus drainage.

은 골스캔을 시행하였다. 수술 중 괴사된 골 조직에 대해 조직 검사 및 균 배양 검사를 시행하였다.

결 과

2010년부터 2019년까지 한림대학교 강남성심병원 및 한강성심병원 성형외과에 4도 화상으로 유리피판술을 받았던 총 34명의 환자에 대하여 분석하였다(Table 1).

연령은 22세부터 67세까지 분포하였고 평균 연령 47 ± 13.8 세였으며, 성별은 남자가 22명, 여자가 12명이었다. 원 인별로는 접촉화상이 18명(52.9%)으로 가장 많았고, 그 다음으로는 전기화상이 10명(29.4%), 마찰화상 2명(5.8%), 열탕화상 2명(5.8%), 화학화상 1명(2.9%), 동상 1명(2.9%)이 뒤를 이었다. 수상 부위는 두경부 1예(2.9%) 및 상지에 18예(52.9%), 하지 및 족부 13예(38.2%), 몸통에 2예(5.8%)가 있었다.

34예 모두 뼈, 근육 등의 심부구조물까지 침범한 4도 화상이었고, 환부의 손상부위 비율(TBSA, total body surface area)은 1% 이하가 18명(52.9%), 1% 이상 5% 이내가 6명(17.6%), 5%이 넘는 환자가 10명(29.4%), 수술 전후로 시행한 영상 및 조직검사 등으로 골수염을 진단받은 환자는 18명이었고, 그 절반인 9명은 수상 후 1달 이내 수술을 진행한 환자였다. 혈관 문합시 봉합사는 나일론 9-0, 그 이하의 동맥을 1개, 2개의 정맥을 문합하였고, 혈관 상태가 불안정한 경우에는 3개의 정맥을 문합하였다.

사용된 유리피판은 피판괴사로 인해 재수술한 증례를 포함하여 전외측대퇴부전공지 피판(Anterolateral thigh perforator flap)이 21예, 광배근피부피판(Latissimus dorsi musculocutaneous flap) 5예, 내측비복동맥전공지피판(Medial sural artery perforator flap) 4예, 비골동맥전공지피판(Peroneal artery perforator flap) 2예 그리고 전완피판(Radial forearm flap), 소지구피판(Hypothenar flap), 얇은엉덩이동맥 피판(Superficial circumflex iliac artery flap), 흉배동맥전공지피판(Thoracodorsal artery perforator flap)은 각각 1예씩 있었다. 수술한 환자 중 16명에서 조직 병리, MRI, 혹은 골스캔 상 골수염이 동반되었다.

Fig. 2. (A) Preoperative clinical photograph. Soft tissue necrosis with brain abscess was occurred. The eschar size of 15×15 cm was on the left parietotemporal region. (B) The wound was healed well without any delayed complications.

수상 후 유리피판술을 받기까지의 기간은 1주일 이내가 6예(17.6%), 1주일 초과 1개월 이내가 19예(55.1%), 1개월에서 2개월 사이가 5예(14.5%), 2개월 초과가 4예(11.6%)로 전체 환자의 3분의 2 이상에서 1개월 이내 유리피판술을 시행하였다. 더 이상 드레싱 처치나 입원치료가 필요하지 않은 상태, 즉 완전한 치유까지 걸린 기간은 1개월 이내가 18예(52.9%)로 가장 많았고, 1개월에서 2개월 사이가 9예(26.4%), 2개월 이상 소요된 경우가 7예(20.5%) 있었다.

합병증으로는 피판 두꺼움(flap bulkiness)이 가장 많아 20명(64.7%)에서 있었고, 수술 후 피판괴사로 다시 유리피판술을 시행한 경우도 3예(8.8%), 치유과정에서 골수염이 호전되지 않아 절단이 필요했던 4예(11.7%)에서는 각각 전신마취 하 재수술 및 절단술을 시행하였다. 보존적 치료로 호전된 수술 부위 감염(surgical site infection), 혈종 등도 관찰되었고, 흉터 구축으로 인해 재건수술을 시행한 증례는 없었다.

1. 증례 1

53세 남자 환자로 통신선 수리 작업 중 22900 V 전선을 통해 좌측 측두엽으로 들어와 좌측 족부를 통해 나간 전기화상을 수상하였다. 손상부위 비율은 18%였으며 두피의 병

Fig. 3. (A, B) 4th degree burn wound on chest wall was initially treated by skin graft but soft tissue necrosis and osteomyelitis on rib occurred. (C, D) Anterolateral thigh fasciocutaneous free flap was performed. (E, F) The wound was healed well 6 month after surgery.

변은 두개골이 노출되는 4도 화상이었다. 변연절제술 및 부분층 피부이식술 시행 후 다른 부위는 비교적 잘 치유되었으나 수상 후 2개월째 병변 괴사 발생하고 전산화단층촬영상 두개골 농양 발견되어 수술적 치료 시행하였다. 신경외과에서 개두술 및 배농술 시행한 후 본과적으로 광배근피부유리피판술 이용하여 수복하였다. 수술 후 급성 및 만성 합병증 없이 치유되었고 결과는 만족스러웠다(Fig. 1, 2).

2. 증례 2

57세 남자 환자로 전신주 작업 중 22900 V 고압 전선에 좌측 상지 및 흉부, 어깨까지 이르는 손상부위 비율 20%의 화상 수상하였고, 타원에서 좌측 상지의 절단 및 부분층 피부이식술 시행하였으나 흉곽의 부위 갈비뼈 및 늑간근의 괴사 및 염증 발생하여 전원되었던 환자이다. 본과적으로 수상 2개월 후 전외측대퇴부유리피판술 시행하였고 급성 및 만성기 합병증 없이 치유되어 퇴원하였다(Fig. 3).

고 찰

화상은 일반적으로 부분층 화상과 전층 화상으로 분류된다. 부분층 화상은 표피만 손상된 1도, 진피 일부까지 손상된 2도로, 2도는 다시 그 깊이 및 예후에 따라 얇은 2도 화상과 깊은 2도 화상으로 나뉜다. 부분층 화상은 드레싱을 통한 보존적 치료만으로도 치유가 가능하며 1도 화상은 1주일 정도, 2도 화상은 보통 3~4주 내로 상피화가 완료된다. 전층 화상은 피부 전층이 손상된 경우를 의미하며 피하

지방층까지 침범한 3도 화상과 더 깊은 조직까지 손상된 4도 화상으로 나뉜다. 3도 이상의 화상은 자연적으로 치유될 수 없고 비대흉터(hypertrophic scar)가 발생한다.

특히 4도 화상은 피부 전층을 넘어 근육, 뼈와 같이 깊은 구조물의 손상을 동반하고 일반적으로 접촉 화상, 전기 화상, 화학 화상에 의하며, 손, 다리, 머리 등 주요 부위가 손상되는 경우가 많다[1]. 4도 화상은 깊이가 깊고, 범위가 넓고, 주요 부위 손상이 흔하기 때문에 3도 미만의 부분층 피부 화상과는 다르게 보존적인 방법으로 치료가 불가능하고, 재건이 어렵다. 병변, 공여부, 환자 상태에 관련된 요소를 고려하여 치료 계획을 세우는 것이 중요하다[4].

먼저 병변의 위치, 크기, 깊이, 주변 조직의 손상 정도, 예상되는 기능 손실 등을 평가하고, 결손부를 수복하기 위해 필요한 피부이식편, 피판 등 공여부에 대한 요소들을 고려한다. 또한, 4도 화상은 다발성 혹은 광범위한 병변을 동반하는 경우가 많기 때문에, 수술적 치료에 앞서 환자의 전신 상태, 수상 기전, 혈액동력학적(hemodynamic) 상태 등을 역시 고려해야 한다[1,3-5]. 상기 요소들에 대한 평가를 바탕으로 적절한 치료 방법과 치료 시점을 결정해야 한다[3]. 3도 이상의 심도 화상 치료의 첫 단계는 이른 가피절제술 혹은 변연절제술을 통해 괴사 및 염증 조직을 제거하는 것이다. 구체적인 시기에는 조금씩 의견의 차이가 있으나 수상 후 14일 이내에 시행하는 것이 염증 조절 및 추후 구축 등의 합병증을 줄이는 데 효과적이다[6-8].

가피절제술 혹은 변연절제술 후의 재건 방법에는 크게 부분층 피부이식술, 국소 및 원거리 피판술, 조직확장기, 유

리 피판술이 있다[9,10]. 부분층 피부이식술은 넓은 범위를 비교적 쉽고 빠르게 수복할 수 있어 가장 흔하게 사용된다. 하지만 치유 후 2차 구축이 발생하여 기능적, 미용적 한계가 있고, 감염 상태이거나 죽은 조직 위로는 이식편이 생착되지 않아 피부이식 수혜부를 연속적인 변연절제술 혹은 지속적 드레싱 처치를 통해 생착에 적합한 상태로 만들어야 한다. 이러한 조건을 만족하기 힘들거나, 피부 이식술 후 발생하는 관절 구축 등 합병증을 예방하기 위해 심도 화상 병변에 국소 혹은 먼거리 피판술을 이용하는 방법도 있으나, 4도 화상의 경우 주변조직의 광범위한 손상 및 흉터 구축을 대부분 동반하고 있어 제한적으로만 이용되고 있다[1].

고식적으로 심도 화상은 이른 변연절제술 및 드레싱 처치 후 지연성 치유 혹은 이차 치유(Secondary healing)를 하는 것이 원칙이다. 이는 병변 주위로부터 육아조직 및 재생피화를 기대하며 이로 인해 건강한 조직의 변연절제술을 최소화하기 위함이며[11], 이후 부분층 피부이식술로 남은 창상을 수복하는 것이 가장 흔한 치료방법이다[2]. 그러나 최근에는 이러한 방법이 창상 치유 기간을 오히려 늦추기만 할 뿐이며[12], 관절의 강직이 심해지고 근 위축이 일어나 재활 물리 치료 기간이 길어지고 그 결과 운동 능력의 감소로 이어진다는 견해도 있다[1]. 특히 뼈와 건, 인대 같은 심부 구조물은 노출되면 쉽게 괴사되고 감염 상태에 빠지며 감염이 될 시 골수염과 신체 절단으로 이어질 수 있다.

최근에는 급성기 화상에서 가급적 빠른 시기에 변연절제술을 시행하고, 수술적으로 수복해주는 것을 권하고 있다[4]. 부분층 피부이식술을 가장 많이 이용하고 있으나, 염증 및 감염에 취약하며, 작은 범위의 3도 화상에서도 최소 6주가 소요되는 등 치료기간이 길다. 추후 2차 구축으로 인한 기능적, 미적인 손실로 흉터구축완화술 같은 2차, 3차 이상의 수술이 필요해 치료기간이 더욱 연장되는 경우가 빈번하다.

이에 반해 1차 치료로써 유리피판술은 병변의 감염 상태를 조절하고 신체의 기능 및 미적인 손실을 최소화할 수 있는 효과적인 방법이다. 뼈, 건, 인대, 신경, 혈관을 비롯해 노출로 인해 회복 불가능할 것으로 생각되는 조직들의 감염을 방지하여[2] 사지 절단의 가능성을 낮추며 치료기간 및 수술 횟수를 줄이고, 관절 구축 등 합병증 감소도 기대해볼 수 있다. 근막피부피판 정도의 얇은 피판으로도 골수염 예방 및 치유에 도움이 되는 것으로 보고된다[13,14]. 물론 조기 피판술이 항상 가능한 것은 아니다. 패혈증, 혈액동력학적 상태 등의 전신상태가 허락해야 하며, 특히 심부화상의 주요 원인 중 하나인 전기 화상은 공여부의 광범위한 혈관 손상이 동반되는 경우가 있어 혈관에 대한 정확한 평

가가 필요하다[15,16].

유리피판술은 1975년 처음 화상을 위해 사용한 것이 처음 보고된 이후 효과적인 치료법으로 알려져 있고[17]. 근래에는 성공율도 90~95% 이상을 육박하고 있으나[1,18], 아직까지 4도 화상의 재건에서 일반적으로 시행되고 있지는 않고 흉터 구축 완화 등 이차적인 재건에서 주로 사용된다[2,3]. 저자들은 피판괴사가 일어난 3예는 광범위한 조직 손상으로 인하여 수혜부 혈관의 불안정성과 수상 후 수술 시까지 1개월 정도 경과되어 창상 치유과정에서 인해 미성숙한 흉터 형성 상태가 이유인 것으로 생각한다.

오늘날은 3차 산업 시대를 지나 4차 산업혁명의 시대에 접어들었지만, 국립건강보험공단에서 공개한 [2018 건강보험통계연보]에 따르면, 중증화상으로 치료 받는 환자의 수가 2018년 1년 동안에만 1만 7천 명을 넘어설 정도로 중증 화상 환자가 아직까지 많은 상황이다. 다행스럽게도, 전신적인 치료 및 수술법의 발전, 새롭고 다양한 약제 및 드레싱 방법 등 화상 치료에 대한 전반적인 발전을 바탕으로 화상으로 인한 사망률 감소, 치료기간의 단축 등 개선이 이루어졌다.

이를 넘어서 앞으로는 합병증 및 이로 인한 기능 저하를 최소화하고, 치료기간을 단축하여 환자를 사회에 빨리 복귀할 수 있게 하며, 미적으로도 만족할 수 있도록 치료방향을 결정해야 한다. 본원에서 수술한 증례에 비추어 보았을 때 4도 화상에서 골수염 비롯한 심부조직 감염까지 진행되는 경우가 많고, 절반에서는 수상 1달 이내에서도 골수염으로 진행될 수 있기 때문에, 환자의 전신 및 창상의 상태가 허락한다면 가능한 빠른 시기에 유리피판술을 시행하는 것이 유리하다고 판단된다. 또한 수술 후 합병증 및 후유증으로 인해 재수술을 하는 경우도 적고 치료기간이 단축되어 환자가 기능의 손실을 최소화하여 빠른 시간에 사회로 복귀할 수 있기 때문에 4도 화상에서 유리피판술을 더 적극적으로 1차적인 치료방법으로 적용해야 할 것이다.

결론

4도 화상은 다른 3도 이하의 화상과는 다르게, 주변 조직의 광범위한 손상 및 주변 조직의 흉터 구축을 동반하기 때문에 수복이 어렵다. 염증 조절 후 가능한 이른 시기에 부분층 피부이식술을 하는 것이 고식적인 치료 방법이었으나 지연되는 치료는 오히려 골수염 가능성을 높이는 등 단점이 있다.

본 교실에서는 4도 화상에서 일차 치료법으로 유리피판술을 적극적으로 시행하여 환자들에게서 좋은 결과를 얻은 바가 있다. 골수염처럼 심각한 감염으로 진행되거나 절단

하는 등의 합병증 발생을 낮추었고 기능적인 손실을 최소화할 수 있었다. 또한, 관절 구축 등 기능적인 손실을 최소화함으로써 2차, 3차 재건수술을 하지 않게 됨으로써 치료 기간이 더욱 단축되는 효과도 얻을 수 있었다. 이와 같은 경험을 자세히 소개하고 제안함으로써 4도 화상에서 가능한 이른 시기에 적극적으로 유리피판술을 시행하는 것을 제안한다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

SOURCE OF FUNDING

None.

REFERENCES

1. Jong Hyup L, Dong Hoon L, Jung Hyung L, Cho MDBC, et al. Reconstruction of post burn defect with free flap. *J Korean Burn Soc* 1999;2:23-32.
2. Platt AJ, McKiernan MV, McLean NR. Free tissue transfer in the management of burns. *Burns* 1996;22:474-6.
3. Pan CH, Chuang SS, Yang JY. Thirty-eight free fasciocutaneous flap transfers in acute burned-hand injuries. *Burns* 2007;33:230-5.
4. Gacto-Sanchez P. Surgical treatment and management of the severely burn patient: review and update. *Medicina Intensiva (English Edition)* 2017;41:356-64.
5. Castro JC, Coltro PS, Millan LS, Correa FB, Farina Junior JA. Early application of microsurgical flaps in the electric burns of extremities: a two institutional case series. *J Burn Care Res* 2018;39:1037-42.
6. Wong S, Melin A, Reilly D. Head and neck reconstruction. *Clin Plast Surg* 2017;44:845-56.
7. Hunt JL, Purdue GF, Spicer T, Bennett G, Range S. Face burn reconstruction--does early excision and autografting improve aesthetic appearance? *Burns Incl Therm Inj* 1987;13:39-44.
8. Gibran NS, Heimbach DM. Current status of burn wound pathophysiology. *Clin Plast Surg* 2000;27:11-22.
9. Benito-Ruiz J, Baena-Montilla P, Navarro-Monzonis A, Bonanad E, Cavadas P. Severe electric burn of the skull. *Burns* 1994;20:553-6.
10. Shen Z. Reconstruction of refractory defect of scalp and skull using microsurgical free flap transfer. *Microsurgery* 1994;15:633-8.
11. Grotting J, Walkinshaw M. The early use of free flaps in burns. *Ann Plast Surg* 1985;15:127-31.
12. Roehl K, Geoghegan J, Herndon DN, Patterson J, McCauley RL. Management of class IV skull burns using the bipedicle superficial temporal artery scalp flap. *J Craniofac Surg* 2008;19:970-5.
13. Yildirim S, Gideroglu K, Akoz T. The simple and effective choice for treatment of chronic calcaneal osteomyelitis: neurocutaneous flaps. *Plast Reconstr Surg* 2003;111:753-60; discussion 61-2.
14. Arnold PG, Yugueros P, Hanssen AD. Muscle flaps in osteomyelitis of the lower extremity: a 20-year account. *Plast Reconstr Surg* 1999;104:107-10.
15. Ofer N, Baumeister S, Megerle K, Germann G, Sauerbier M. Current concepts of microvascular reconstruction for limb salvage in electrical burn injuries. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2007;60:724-30.
16. Ibrahim AE, Skoracki R, Goverman JG, Sarhane KA, Parham CS, Abu-Sittah G, et al. Microsurgery in the burn population - a review of the literature. *Ann Burns Fire Disasters* 2015;28:39-45.
17. Sharzer LA, O'Brien BM, Horton CE, Adamson JE, Mladick RA, Carraway JH, et al. Clinical applications of free flap transfer in the burn patient. *J Trauma* 1975;15:766-71.
18. Copelli C, Tewfik K, Cassano L, Pederneschi N, Catanzaro S, Manfuso A, et al. Management of free flap failure in head and neck surgery. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2017;37:387-92.